

This Page Is Inserted by IFW Operations  
and is not a part of the Official Record

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning documents *will not* correct images,  
please do not report the images to the  
Image Problem Mailbox.**

**IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE**

IN RE APPLICATION OF: Katsuyuki TANAKA, et al.

GAU:

SERIAL NO: NEW APPLICATION

EXAMINER:

FILED: HERewith

FOR: RANGING AND POSITIONING SYSTEM, RANGING AND POSITIONING METHOD, AND RADIO COMMUNICATION APPARATUS

**REQUEST FOR PRIORITY**

COMMISSIONER FOR PATENTS  
ALEXANDRIA, VIRGINIA 22313

SIR:

- ☐ Full benefit of the filing date of U.S. Application Serial Number , filed , is claimed pursuant to the provisions of 35 U.S.C. §120.
- ☐ Full benefit of the filing date(s) of U.S. Provisional Application(s) is claimed pursuant to the provisions of 35 U.S.C. §119(e):  
Application No. Date Filed
- ☒ Applicants claim any right to priority from any earlier filed applications to which they may be entitled pursuant to the provisions of 35 U.S.C. §119, as noted below.

In the matter of the above-identified application for patent, notice is hereby given that the applicants claim as priority:

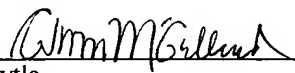
<u>COUNTRY</u>	<u>APPLICATION NUMBER</u>	<u>MONTH/DAY/YEAR</u>
Japan	2003-052274	February 28, 2003

Certified copies of the corresponding Convention Application(s)

- ☒ are submitted herewith
- ☐ will be submitted prior to payment of the Final Fee
- ☐ were filed in prior application Serial No. filed
- ☐ were submitted to the International Bureau in PCT Application Number  
Receipt of the certified copies by the International Bureau in a timely manner under PCT Rule 17.1(a) has been acknowledged as evidenced by the attached PCT/IB/304.
- ☐ (A) Application Serial No.(s) were filed in prior application Serial No. filed ; and
- ☐ (B) Application Serial No.(s)  
☐ are submitted herewith  
☐ will be submitted prior to payment of the Final Fee

Respectfully Submitted,

OBLON, SPIVAK, McCLELLAND,  
MAIER & NEUSTADT, P.C.

  
Bradley D. Lytle

Registration No. 40,073

Customer Number

**22850**

Tel. (703) 413-3000  
Fax. (703) 413-2220  
(OSMMN 05/03)

**C. Irvin McClelland**  
**Registration Number 21,124**

日 本 国 特 許 庁  
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日            2 0 0 3 年   2 月 2 8 日  
Date of Application:

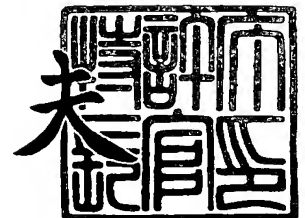
出 願 番 号            特 願 2 0 0 3 - 0 5 2 2 7 4  
Application Number:  
[ST. 10/C] :            [ J P 2 0 0 3 - 0 5 2 2 7 4 ]

出 願 人            ソニー株式会社  
Applicant(s):

2 0 0 3 年 1 2 月 1 1 日

特許庁長官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

今 井 康 夫



【書類名】 特許願

【整理番号】 0390036403

【提出日】 平成15年 2月28日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 G01S 13/76

【発明者】

【住所又は居所】 東京都品川区北品川 6 丁目 7 番 3 5 号 ソニー株式会社  
内

【氏名】 田中 勝之

【発明者】

【住所又は居所】 東京都品川区北品川 6 丁目 7 番 3 5 号 ソニー株式会社  
内

【氏名】 鈴木 三博

【発明者】

【住所又は居所】 東京都品川区北品川 6 丁目 7 番 3 5 号 ソニー株式会社  
内

【氏名】 齋藤 真

【発明者】

【住所又は居所】 東京都品川区北品川 6 丁目 7 番 3 5 号 ソニー株式会社  
内

【氏名】 渡部 勝己

【特許出願人】

【識別番号】 000002185

【氏名又は名称】 ソニー株式会社

【代理人】

【識別番号】 100093241

【弁理士】

【氏名又は名称】 宮田 正昭

## 【選任した代理人】

【識別番号】 100101801

【弁理士】

【氏名又は名称】 山田 英治

## 【選任した代理人】

【識別番号】 100086531

【弁理士】

【氏名又は名称】 澤田 俊夫

## 【手数料の表示】

【予納台帳番号】 048747

【納付金額】 21,000円

## 【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9904833

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 測距・測位システム及び測距・測位方法、並びに無線通信装置

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

パケットを送受信する 2 つの無線機間で測距・測位する測距・測位システムであって、

送信元の無線機からパケットを送信し、

送信先の無線機において、パケットを受信してから所定の単位時間の整数倍に相当する時間が経過後にパケットを返送し、

送信元の無線機において、パケットを送信してから返送パケットを受信するまでの所要時間から所定の単位時間の整数倍を除去して、パケットの往復伝送時間を求め、該往復伝送時間に基づいて、送信元及び送信先の無線機間の距離を測定する、

ことを特徴とする測距・測位システム。

【請求項 2】

前記の所定の単位時間は、無線機の通信可能距離を無線信号の伝送速度で割った値から求まる、

ことを特徴とする請求項 1 に記載の測距・測位システム。

【請求項 3】

無線機は他の無線機と通信する毎にパケットを送信してから通信相手からの返送パケットを検出までの時間を計測し、距離測定結果を毎回更新する、

ことを特徴とする請求項 1 に記載の測距・測位システム。

【請求項 4】

受信信号強度又はパケット復調結果あるいはその両方に基づいて無線機の計測結果についての正当性を判断してから相対距離を利用する、

ことを特徴とする請求項 1 に記載の測距・測位システム。

【請求項 5】

無線機は周辺に存在する無線機のリストと自身と各無線機との測距データを保持する記憶領域を有し、測距を行なう毎に記憶内容を更新する、

ことを特徴とする請求項 1 に記載の測距・測位システム。

**【請求項 6】**

無線機は他の無線機の保持する測距情報を獲得でき、獲得した測距情報と自身の持つ測距情報により周囲の無線機の相対位置関係を導出する、  
ことを特徴とする請求項 5 に記載の測距・測位システム。

**【請求項 7】**

無線機は位置が固定の場合に位置固定であることを示す情報を保持し、各無線機は他の無線機の位置固定情報を通信により検知し、位置固定の無線機の位置を基点とした位置関係を導出する、  
ことを特徴とする請求項 5 に記載の測距・測位システム。

**【請求項 8】**

無線機間の通信で送信先の無線機がパケットを返送するまでの時間を変えて 2 回通信を行ない、送信元の無線機は 2 回の計測結果に基づいて送信先の無線機における所定時間の計測精度に起因する誤差をキャンセルする、  
ことを特徴とする請求項 1 に記載の測距・測位システム。

**【請求項 9】**

2 以上の無線機のアンテナ間を所定の位置関係に配置し、無線機は既知の相対距離に対する測距結果により自身のパケット検出から送信までの時間の公称値と実際の誤差を補正する、  
ことを特徴とする請求項 1 に記載の測距・測位システム。

**【請求項 1 0】**

2 つ以上の無線機のアンテナ間を所定の位置関係に配置し、無線機が既知の相対距離に対する測距結果により自身の持つ発振器の誤差を補正する、  
ことを特徴とする請求項 1 に記載の測距・測位システム。

**【請求項 1 1】**

パケットを送受信する 2 つの無線機間で測距・測位する測距・測位方法であって、

送信元の無線機からパケットを送信するステップと、

送信先の無線機において、パケットを受信してから所定の単位時間の整数倍に

相当する時間が経過後にパケットを返送するステップと、

送信元の無線機において、パケットを送信してから返送パケットを受信するまでの所要時間をカウントするステップと、

該カウントされた所要時間から所定の単位時間の整数倍を除去して、パケットの往復伝送時間を求めるステップと、

該往復伝送時間に基づいて送信元及び送信先の無線機間の距離を測定するステップと、

を具備することを特徴とする測距・測位方法。

#### 【請求項 12】

前記の所定の単位時間は、無線機の通信可能距離を無線信号の伝送速度で割った値から求まる、

ことを特徴とする請求項 11 に記載の測距・測位方法。

#### 【請求項 13】

前記の距離を測定するステップでは、受信信号強度又はパケット復調結果あるいはその両方に基づいて無線機の計測結果についての正当性を判断し、該判断結果が肯定的である場合に距離の測定を実行する、

ことを特徴とする請求項 11 に記載の測距・測位方法。

#### 【請求項 14】

無線機は周辺に存在する無線機のリストと自身と各無線機との測距データを保持するステップをさらに備える、

ことを特徴とする請求項 11 に記載の測距・測位方法。

#### 【請求項 15】

他の無線機の保持する測距情報を獲得するステップと、

該獲得した測距情報と自身の持つ測距情報により周囲の無線機の相対位置関係を導出するステップと、

をさらに備えることを特徴とする請求項 14 に記載の測距・測位方法。

#### 【請求項 16】

各無線機は他の無線機の位置固定情報を通信により検知し、位置固定の無線機の位置を基点とした位置関係を導出するステップをさらに備える、



ことを特徴とする請求項 1 4 に記載の測距・測位方法。

【請求項 1 7】

前記の packets を返送するステップでは、送信先の無線機が packets を返送するまでの時間を変えて 2 回の通信を行ない、

送信元の無線機において 2 回の計測結果に基づいて送信先の無線機の所定時間における計測精度に起因する誤差をキャンセルするステップをさらに備える、  
ことを特徴とする請求項 1 1 に記載の測距・測位方法。

【請求項 1 8】

2 以上の無線機のアンテナ間を所定の位置関係に配置し、無線機は既知の相対距離に対する測距結果により自身の packets 検出から送信までの時間の公称値と実際の誤差を補正するステップをさらに備える、  
ことを特徴とする請求項 1 1 に記載の測距・測位方法。

【請求項 1 9】

2 つ以上の無線機のアンテナ間を所定の位置関係に配置し、無線機が既知の相対距離に対する測距結果により自身の持つ発振器の誤差を補正するステップをさらに備える、  
ことを特徴とする請求項 1 1 に記載の測距・測位方法。

【請求項 2 0】

packets 送信及びその応答手続を利用して測距・測位する無線通信装置であって、

packets を送信する手段と、

packets の送信後、所定の単位時間の整数倍だけ経過後に返送 packets の検出処理を行なう手段と、

packets を送信してから返送 packets を検出するまでの時間を計測する手段と、

、  
該計測された時間に基づいて packets 送信先までの距離を算出する手段と、  
を具備することを特徴とする無線通信装置。

【請求項 2 1】

前記の所定の単位時間は、無線通信機の通信可能距離を無線信号の伝送速度で

割った値から求まる、

ことを特徴とする請求項 2 0 に記載の無線通信装置。

**【請求項 2 2】**

前記パケット検出手段は、受信データと拡散コードとの相関検出に基づいてパケット検出位置を検出する、

ことを特徴とする請求項 2 0 に記載の無線通信装置。

**【請求項 2 3】**

前記のパケット送信先までの距離を算出する手段は、パケット送信先の無線機のパケット検出から送信までの時間を所定の単位時間の整数倍に基づいて決定し、該決定した時間と自身の処理時間を計測時間から差し引いた時間を、パケット送信先の無線機との伝搬距離に換算することで測距を行なう、

ことを特徴とする請求項 2 0 に記載の無線通信装置。

**【請求項 2 4】**

前記の距離を算出する手段は、受信信号強度又はパケット復調結果あるいはその両方に基づいて無線機の計測結果についての正当性を判断し、該判断結果が肯定的である場合に距離の測定を実行する、

ことを特徴とする請求項 2 0 に記載の無線通信装置。

**【請求項 2 5】**

前記の距離を算出する手段における測距結果に基づいて無線機の送信電力を制御するステップをさらに備える、

ことを特徴とする請求項 2 0 に記載の無線通信装置。

**【請求項 2 6】**

前記の距離を算出する手段における測距結果に基づいて特定の機能を制御又は制限する手段をさらに備える、

ことを特徴とする請求項 2 0 に記載の無線通信装置。

**【請求項 2 7】**

前記の距離を算出する手段における測距結果に基づいて相対距離が所定の値以下の場合のみセキュリティ関連の特定の機能に関して通信する手段をさらに備える、

ことを特徴とする請求項 2 0 に記載の無線通信装置。

【請求項 2 8】

前記の距離を算出する手段における測距結果に基づいて送信電力を下げる、又は伝送速度を上げる、あるいはその組み合わせにより、特定の相手以外の無線機が受信することを意図的に困難にする手段をさらに備える、  
ことを特徴とする請求項 2 0 に記載の無線通信装置。

【請求項 2 9】

周辺に存在する無線機のリストと自身と各無線機との測距データを保持する手段をさらに備える、  
ことを特徴とする請求項 2 0 に記載の無線通信装置。

【請求項 3 0】

他の無線機の保持する測距情報を獲得する手段と、  
該獲得した測距情報と自身の持つ測距情報により周囲の無線機の相対位置関係を導出する手段と、  
をさらに具備することを特徴とする請求項 2 9 に記載の無線通信装置。

【請求項 3 1】

各無線機は他の無線機の位置固定情報を通信により検知し、位置固定の無線機の位置を基点とした位置関係を導出する手段をさらに備える、  
ことを特徴とする請求項 2 9 に記載の無線通信装置。

【請求項 3 2】

3 個以上の位置固定である無線機の位置情報を見取り図や地図情報を始めとする他の位置情報と結合し、各無線機は他の 2 個以上の位置情報に基づく自位置又は他の無線機の位置を導出しマッピングする手段をさらに備える、  
ことを特徴とする請求項 3 1 に記載の無線通信装置。

【請求項 3 3】

送信先の無線機がパケットを返送するまでの時間を変えて行なった 2 回の通信の計測結果に基づいて送信先の無線機における所定時間の計測精度に起因する誤差をキャンセルする手段をさらに備える、  
ことを特徴とする請求項 2 0 に記載の無線通信装置。

**【請求項 3 4】**

アンテナ間を所定の位置関係に配置された送信先の無線機との既知の相対距離に対する測距結果により自身のパケット検出から送信までの時間の公称値と実際の誤差を補正する手段をさらに備える、  
ことを特徴とする請求項 2 0 に記載の無線通信装置。

**【請求項 3 5】**

アンテナ間を所定の位置関係に配置された送信先の無線機との既知の相対距離に対する測距結果により自身の持つ発振器の誤差を補正する手段をさらに備える、  
ことを特徴とする請求項 2 0 に記載の無線通信装置。

**【発明の詳細な説明】****【0 0 0 1】****【発明の属する技術分野】**

本発明は、2つの物体間の相対的な距離を測定する測距・測位する測距・測位システム及び測距・測位方法、並びに無線通信装置に係り、特に、電波を利用して物体間の相対的な距離を測定する測距・測位システム及び測距・測位方法、並びに無線通信装置に関する。

**【0 0 0 2】**

さらに詳しくは、本発明は、パケットを送受信する2つの無線通信機間の相対距離を測定する測距・測位システム及び測距・測位方法、並びに無線通信装置に係り、特に、送信元と受信先の間でのパケット送信及びその応答手続を利用して測距・測位する測距・測位システム及び測距・測位方法、並びに無線通信装置に関する。

**【0 0 0 3】****【従来の技術】**

電波を利用して測距・測位するシステムは、例えば反射を利用したレーダや複数の基準局を用いた無線航法システムに代表されるように、かなり以前から存在する。

**【0 0 0 4】**

ロランやGPS (Global Positioning System) では、複数の基準局の同期を厳格にとることで、無線機は受信するだけで測位することができる。

#### 【0005】

また、ロランやGPS以外でも携帯電話の基地局からの電波を使って測位する方法や（例えば、特許文献1を参照のこと）、TVの電波を利用した測位方法などもある（例えば、非特許文献1並びに特許文献2を参照のこと）。後者は厳格な同期がとられていないため、同期ずれを監視する別の基地局からのデータを基に補正するが、基本的には同じ方式である。

#### 【0006】

また、ITSにおける車間通信では、車間距離を測るために「ブーメラン方式」と呼ばれる測距方法が使われる。これは互いの無線機は同期する必要はない。一例としては、測距する無線機からの信号そのものに被測距側は自身の情報を乗じて送り返し、測距する無線機は往復の電波伝搬時間を計測することで測距を行なうものがある。

#### 【0007】

上記の方法では、被測距側は受信した信号をほとんど受信信号処理をすることなく送り返すだけである。但し、測距する側が自身及び被測距側の信号処理時間を含む送信から被測距側の返送信号受信までの時間から測距する方法もある（例えば、特許文献3を参照のこと）。

#### 【0008】

近年では、「ウルトラワイドバンド (UWB) 通信」と呼ばれる、極めて微弱なインパルス列に情報を載せて無線通信を行なう方式が、近距離超高速伝送を実現する無線通信システムとして注目され、その実用化が期待されている（例えば、非特許文献2を参照のこと）。

#### 【0009】

UWB伝送方式には、DSの情報信号の拡散速度を極限まで高くしたDS-UWB方式と、数100ピコ秒程度の非常に短い周期のインパルス信号列を用いて情報信号を構成して、この信号列の送受信を行なうインパルス-UWB方式の2

種類がある。どちらの方式も例えば 3 G H z から 1 0 G H z という超高帯域な周波数帯域に拡散して送受信を行なうことにより高速データ伝送を実現する。その占有帯域幅は、占有帯域幅をその中心周波数（例えば 1 G H z ～ 1 0 G H z）で割った値がほぼ 1 になるような G H z オーダの帯域であり、いわゆる W - C D M A や c d m a 2 0 0 0 方式、並びに S S （Spread Spectrum）や O F D M （Orthogonal Frequency Division Multiplexing）方式を用いた無線 L A N において通常使用される帯域幅と比較しても超広帯域なものとなっている。

#### 【 0 0 1 0 】

UWB 通信は、超極細パルスを用いることにより高い時間分解能を持ち、この性質を使ってレーダやポジショニングを行なう「測距」をすることが可能である。特に、最近の UWB 通信では、1 0 0 M b p s 超の高速データ伝送と元来の測距機能を併せ持つことができる。

#### 【 0 0 1 1 】

将来、UWB に代表される近距離通信の W P A N （W i r e l e s s P e r s o n a l A c c e s s N e t w o r k）はあらゆる家電品や C E （C o n s u m e r E l e c t r o n i c s）機器に搭載されることが予想される。したがって、高速データ伝送とは別に測距による位置情報の利用、例えばナビゲーションや近距離通信（N e a r F i e l d C o m m u n i c a t i o n : N F C）のような無線の付加価値を生むことが考えられ、高速データ伝送とともに測距機能も実装することが望ましいと思料される。

#### 【 0 0 1 2 】

上述したように、パケット送信から受信までの時間から測距するのが一般的である。ところが、無線機がパケットを受信してから返送するまでの時間を固定値にするのは、パケットの長さや種別によって処理内容が変わるようなシステムでは不都合である。また、測距するために特別な情報をパケットに加えるのは帯域の有効利用の観点から好ましくない。

#### 【 0 0 1 3 】

##### 【特許文献 1】

特開平 1 0 - 2 5 7 5 4 5 号公報

**【特許文献 2】**

特開平 5-119145 号公報

**【特許文献 3】**

特開平 8-62334 号公報

**【非特許文献 1】**

<http://www/rosu.com>

**【非特許文献 2】**

日経エレクトロニクス 2002 年 3 月 11 日号「産声を上げる無線の革命児 U l t r a W i d e b a n d」 P. 55-66

**【0014】****【発明が解決しようとする課題】**

本発明の目的は、電波を利用して物体間の相対的な距離を好適に測定することができる、優れた測距・測位システム及び測距・測位方法、並びに無線通信装置を提供することにある。

**【0015】**

本発明のさらなる目的は、パケットを送受信する 2 つの無線通信機間で好適に測距・測位することができる、優れた測距・測位システム及び測距・測位方法、並びに無線通信装置を提供することにある。

**【0016】**

本発明のさらなる目的は、送信元と受信先の間でのパケット送信及びその応答手続を利用して測距・測位することができる、優れた測距・測位システム及び測距・測位方法、並びに無線通信装置を提供することにある。

**【0017】**

本発明のさらなる目的は、無線機がパケットを受信してから返送するまでの時間を固定とせず、また、測距するために特別な情報をパケットに加えることなく、パケットを送受信する 2 つの無線通信機間で好適に測距・測位することができる、優れた測距・測位システム及び測距・測位方法、並びに無線通信装置を提供することにある。

**【0018】**

**【課題を解決するための手段及び作用】**

本発明は、上記課題を参酌してなされたものであり、パケットを送受信する 2 つの無線機間で測距・測位する測距・測位システムであって、

送信元の無線機からパケットを送信し、  
送信先の無線機において、パケットを受信してから所定の単位時間の整数倍に相当する時間が経過後にパケットを返送し、

送信元の無線機において、パケットを送信してから返送パケットを受信するまでの所要時間から所定の単位時間の整数倍を除去して、パケットの往復伝送時間を求め、該往復伝送時間に基づいて、送信元及び送信先の無線機間の距離を測定する、

ことを特徴とする測距・測位システムである。

**【0019】**

但し、ここで言う「システム」とは、複数の装置（又は特定の機能を実現する機能モジュール）が論理的に集合した物のことを言い、各装置や機能モジュールが単一の筐体内にあるか否かは特に問わない。

**【0020】**

本発明に係る測距・測位システムでは、パケットを送受信する 2 つの無線通信機間で情報伝送を行なう毎に無線機間の測距を行なう。

**【0021】**

送信元の無線機が送信先の無線機にパケットを送信したとき、送信先では、パケットを受信した後、パケット検出時から単位時間の整数倍の時間経過後に必ずパケットを送信するようにする。

**【0022】**

そして、送信元の無線機は、自身が送信してから送信先からパケットが返送されるタイミング付近のみパケット検出処理を行ない、自身がパケットを送信してから無線機 2 のパケットを検出するまでの時間をカウンタで計測し、送信先出のパケット検出から送信までの時間を決定する。ここで決定した時間と送信元の無線機自身の処理時間を計測時間から差し引いた時間を、通信相手の無線機との伝搬距離に換算することで測距を行なうことができる。



**【 0 0 2 3 】**

本発明によれば、無線機がパケットを受信してから返送するまでの時間を固定とせず、また、測距するために特別な情報をパケットに加えることなく、パケットを送受信する 2 つの無線通信機間で好適に測距・測位することができる。

**【 0 0 2 4 】**

また、本発明によれば、情報伝送を行なう毎に無線機間の測距を行なうことができ、測距情報を逐次的に更新することができる。

**【 0 0 2 5 】**

パケットの検出には信号強度や伝搬特性によって誤検出の可能性がある、誤検出の際には誤った測距結果を出す可能性がある。このため、無線機は、データの信憑性のあるときのみ測距を行なうようにすればよい。

**【 0 0 2 6 】**

また、本発明に係る測距・測位システムによれば、測距情報に基づいて無線機自身の制御に利用することができる。例えば、パケットの通信を行なっている相手の距離に応じて送信電力を制御すると、他の無線機への干渉を低減することができる。

**【 0 0 2 7 】**

また、本発明に係る測距・測位システムによれば、測距した結果に基づいて無線機又は無線機を包含する機器の機能を制御又は制限することができる。

**【 0 0 2 8 】**

例えば、無線機の利用者が対象機器に接近したとき、すなわち距離が所定の値のときだけ確実に行ないたい処理を起動するようにすることができる。また、対象機器から 5 0 c m 以内に接近したことに応答して、N F C や高いセキュリティが要求される機器購入時の最初の利用コード登録などに、測距の結果を応用することができる。この場合、送信電力を下げるだけでなく、伝送速度を故意に上げることでも通信可能な範囲を限定することができる。

**【 0 0 2 9 】**

また、本発明に係る測距・測位システムによれば、無線機が他の無線機の保持するリストと測距情報を通信により獲得することで、周囲に存在する位置関係を

導出することができる。

#### 【0030】

例えば、ある無線機の周囲に2つの無線機がある場合に、少なくとも一方の無線機が保持するリストと測距情報を獲得するようする。無線機は、自身の保持するリスト及び測距情報とすり合わせることで、これら3つの無線機の位置を頂点とする3角形が一意に求めることができ、近隣の無線機相互の相対的な位置関係を把握することができる。また、他方の無線機の保持するリストと測距情報を獲得することができれば、相互の位置関係の信頼性を高めることができる。

#### 【0031】

また、2個以上の位置固定である無線機の位置情報を見取り図や地図情報を始めとする他の位置情報と結合し、各無線機は他の2個以上の位置情報に基づく自位置又は他の無線機の位置を導出しマッピングすることができる。

#### 【0032】

また、本発明に係る測距・測位システムによれば、無線機間の通信で送信先の無線機がパケットを返送するまで時間を変えて2回通信を行ない、送信元の無線機は2回の計測結果から送信先の無線機における所定時間の計測精度に起因する誤差をキャンセルすることができる。

#### 【0033】

また、2以上の無線機のアンテナ間を所定の位置関係に配置し、無線機は既知の相対距離に対する測距結果により自身のパケット検出から送信までの時間の公称値と実際の誤差を補正することができる。あるいは、2つ以上の無線機のアンテナ間を所定の位置関係に配置し、無線機が既知の相対距離に対する測距結果により自身の持つ発振器の誤差を補正することができる。

#### 【0034】

本発明のさらに他の目的、特徴や利点は、後述する本発明の実施形態や添付する図面に基づくより詳細な説明によって明らかになるであろう。

#### 【0035】

##### 【発明の実施の形態】

以下、図面を参照しながら本発明の実施形態について詳解する。

## 【0036】

本発明に係る無線通信システムは、微弱なインパルス列に情報を載せて無線通信を行なうUWB伝送方式（前述）を採用するが、超極細パルスを用いることによる高い時間分解能を利用して、情報伝送を行なう毎に無線機間の測距を行なうように構成される。

## 【0037】

図1には、本発明を適用することが可能な、UWB無線通信装置10の構成を模式的に示している。同図に示すように、UWB無線通信装置10は、インパルス信号の送受信を行なうUWBアンテナ11と、伝送信号の変復調処理を行なうUWB RF処理部12と、ベースバンド信号の変復調処理、同期処理、伝搬路測定、並びに測距を行なうUWBベースバンド処理部13と、アクセス制御や伝送レートの適応制御を行なうUWB MAC (Media Access Control) 層処理部14と、隣接ノード管理や暗号化、認証処理などを行なうUWB DLC (Data Link Control) 層処理部15とで構成される。このうち、UWBアンテナ11と、UWB RF処理部12と、UWBベースバンド処理部13は、UWB物理層に相当する。

## 【0038】

図2には、UWB RF処理部12の内部構成をより詳細に示している。また、図3には、UWBベースバンド処理部13の内部構成を示している。但し、図示の例では、BPSK (Binary Phase Shift Keying) 変調方式を適用しており、I軸にのみで送信データが搬送される。

## 【0039】

まず、送信動作について説明する。送信データは、ベースバンド回路13内で乗算器153により拡散コードと乗算（変調）されて拡散送信データを得る。また、水晶発振器（TCXO）108などから出力される発振周波数をPLL107及びVCO106を用いて逡倍してより高い発振周波数を得る。パルス発生器109はこの発振周波数を用いてパルス信号を生成する。そして、PN拡散された送信信号を所定のパルス幅のパルス信号で乗算器105により変調（乗算）し、インパルス信号列となった送信信号をパワー・アンプ（PA）104で増幅し

、バンドパス・フィルタ (BPF) 102 で FCC などの規制に適合する周波数の信号成分だけを取り出し、アンテナ 101 から伝送路に送出する。

#### 【0040】

一方、受信時には、アンテナ 101 で受信された信号は、バンドパス・フィルタ 102 を通過して送信パルス信号成分以外の周波数成分が除去される。バンドパス・フィルタ 102 を通過した信号はさらに低雑音アンプ 110 によって増幅される。また、水晶発振器 (TCXO) 108 から出力される発振周波数を PLL 107 及び VCO 106 を用いて逡倍して、送信時と同じ周波数を用いてパルス発生器 109 によるテンプレート・パルスを得るとともに、他方のパルス発生器 112 では直交変調器 111 により 90 deg だけ位相のずれたテンプレート・パルスを得る。これらを各乗算器 113 及び 114 において受信信号とそれぞれ乗算して、I 軸及び Q 軸それぞれの検波信号を得る。さらに、これら検波信号をそれぞれローパス・フィルタ (LPF) 115 及び 116 にかけて高周波成分を除去し、そのフィルタ後のパルスのピークにおいて各 A/D 変換 117 及び 118 においてデジタル信号に変換処理し、後は UWB ベースバンド処理部 13 内でデジタル処理を行なう。

#### 【0041】

UWB ベースバンド処理部 13 内では、I 軸及び Q 軸の各検波信号にはそれぞれ拡散コードが乗算器 151 及び 152 によりそれぞれ乗算され逆拡散が行なわれ、積分ダンプ 154 及び 155 において逆拡散信号を積分する。I 軸信号に関しては、FEC (Forward Error Correction) 156 並びに CRC (Cyclic Redundancy Check Code) 157 が施され、受信データが取り出される。また、Q 軸信号に関しては、ループ・フィルタ 158 を介してクロック発生器に帰還される。クロック発生器では、積分出力に従ってクロック発生タイミングを調整する。

#### 【0042】

また、本実施形態に係る UWB ベースバンド処理部 13 は、情報伝送を行なう毎に無線機間の測距を行なう測距機能を備えている。より具体的には、カウンタ 161 を有し、通常の通信シーケンスにおいて通信相手となる無線機にパケット

を送信し、この通信相手がパケット検出時から単位時間の整数倍の時間経過後に必ず返送されるパケットを返送されるタイミング付近のみパケット検出処理を行ない、自身がパケットを送信してから返信パケットを検出するまでの時間をカウンタ 1 6 1 で計測し、通信相手のパケット検出から送信までの時間を決定し、その決定した時間と自身の処理時間を計測時間から差し引いた時間を通信相手との伝搬距離に換算することで測距を行なう。

#### 【 0 0 4 3 】

パケット検出処理では、例えば、受信データの積分ダンプ 1 5 4 と拡散コードとの相関値を相関検出器 1 6 2 によって検出し、最大且つ所定の相関値以上となった位置をカウンタ 1 6 1 で計数し、これをタイミング信号計測時間データとして得る。相関検出器 1 6 2 の前に拡散コードが乗算されているので、相関検出器 1 6 2 は I 軸、Q 軸の各出力により拡散符号との相関の有無を調べることができる。なお、送受信とも拡散符号の制御信号がカウンタ 1 6 1 に入っているのは、送信側の拡散符号のスタートから受信側の拡散符号が同期するまでをカウントできるように意図したものである。

#### 【 0 0 4 4 】

なお、本実施形態では、同期獲得のために、位相シフト回路 1 1 9 を用い、発生タイミングをシフトさせることによりスライディング相関を行なうようになっている。このようなスライディング相関の手法については、例えば本出願人に既に譲渡されている特願 2 0 0 3 - 2 7 5 4 1 号明細書に記載されている。但し、同期獲得の方法自体は本発明の要旨に直接関連しないので、ここではこれ以上説明しない。

#### 【 0 0 4 5 】

本発明に係る無線通信システムでは、情報伝送を行なう毎に無線機間の測距を行なう。通常の通信シーケンスにおいて、ある無線機 1 が通信相手である無線機 2 にパケットを送信したとき、無線機 2 側では、パケットを受信した後、パケット検出時から単位時間の整数倍の時間経過後に必ずパケットを送信するようにする。そして、無線機 1 は、自身が送信してから無線機 2 からパケットが返送されるタイミング付近のみパケット検出処理を行ない、自身がパケットを送信してか

ら無線機 2 のパケットを検出するまでの時間をカウンタで計測し、無線機 2 のパケット検出から送信までの時間を決定する。ここで決定した時間と無線機 1 自身の処理時間を計測時間から差し引いた時間を、通信相手である無線機 2 との伝搬距離に換算することで測距を実現する。

#### 【0046】

2つの無線機が無線機同士の信号の送受信により無線機同士の測距を行なう仕組みについて、図4を参照しながら説明する。

#### 【0047】

無線機 1 は、無線機 2 に向けてパケット①を送った後、無線機 2 からパケット②が返送されるまで待機する。そして、無線機 1 は、パケット①の送信からパケット②が検出されるまでの時間を自身のカウンタ 161 で計測する。

#### 【0048】

無線機 2 は、無線機 1 からのパケット①を受信し検出すると、所定の時間後（単位時間の整数倍の経過後：後述）にパケット②を無線機 1 に返送する。

#### 【0049】

無線機 1 は、返送されたパケット②を検出し、検出時のカウンタ値から無線機 1 から無線機 2 までの距離を計算する。図示の時間はロジック回路が認識する時間とする。

#### 【0050】

$t$  : 無線機 1 がパケットを送出してから

無線機 2 のパケットを検出するまでの真の時間

$t_A$  : 空間の伝搬時間 ( $t_{AIR}$ )

+ 無線機 1 の RF 送信回路における遅延時間 ( $t_{DT1}$ )

$t_B$  : 無線機 2 の RF 受信回路における遅延時間 ( $t_{DR2}$ )

+ 無線機 2 の処理時間 ( $t_{P2}$ )

$t_C$  : 無線機 1 の RF 受信回路における遅延時間 ( $t_{DR1}$ )

+ 無線機 1 の処理時間 ( $t_{P1}$ ) + 空間の伝搬時間 ( $t_{AIR}$ )

#### 【0051】

通常、無線機 2 の処理時間は信号検出に要する処理時間と RF 送受信回路の各

遅延時間は固定値である。上記の定義により、 $t$  は以下のように表される。

【0052】

$$t = t_A + t_B + t_C = 2 t_{AIR} + t_{D1} + t_{D2} + t_{P1} + t_{P2} \\ (t_{D1} = t_{DT1} + t_{DR1}, t_{D2} = t_{DT2} + t_{DR2}) \quad \cdots (1)$$

【0053】

また、無線機間の距離  $d$  は下式の通りとなる。

【0054】

$$d = c \cdot t_{AIR} \quad (c \text{ は光速}) \quad \cdots (2)$$

【0055】

したがって、無線機 1 は、時間  $t$  をカウントし、上式から  $t_{AIR}$  を計算することにより無線送信機間の距離  $d$  を得ることができる。UWB のような超広帯域信号では、受信パルス検出又は相関検出において高い時間分解能が得られるので、例えば 1 ナノ秒の時間分解能であれば、無線通信システムとしての距離分解能は 30 cm となる。

【0056】

このようにして、無線機間の距離を相互の通信により計測することができる。但し、無線ネットワークを構成する一方の無線機 2 の処理時間  $t_{P2}$  には、IFS (Inter Frame Space) やパケットの衝突確率を下げるためのランダムな遅延時間のような時間間隔なども含まれる。このような場合に、無線機 2 の  $t_{P2}$  (若しくは  $t_B$ ) は固定値でないので、無線機 1 は何らかの方法、例えば無線機 2 が返送するパケットに処理時間  $t_{P2}$  に関する情報を乗せるなどの方法により  $t_{P2}$  を知る必要がある。ところが、測距するために特別な情報をパケットに加えるのは帯域の有効利用の観点から好ましくない。

【0057】

本実施形態では、IFS やランダムな遅延時間などを含めた無線機 2 の処理時間  $t_{P2}$  (若しくは  $t_B$ ) を必ず特定の単位時間の整数倍、例えば 100 ナノ秒  $\times N$  となるようにした。但し、 $N$  は整数であることのみが通信システム内で約束されているだけで、その値は不定である。このような場合、無線機 1 側では、自身がパケットを送信した後、単位時間の整数倍後のパケットが返送される可能性

のあるタイミング付近でのみパケット検出処理を繰り返し行なう。パケット検出処理では、例えば拡散コードとの相関値が検出され、最大且つ所定の相関値以上となった位置を計測結果とする。

#### 【0058】

例えば、無線機2の処理時間  $t_{P2}$ （若しくは  $t_B$ ）を単位時間としての100ナノ秒に設定すると、単位時間分の信号の伝送距離はこれに高速  $c$  を掛けた30mとなる。したがって、単位時間のN倍の遅延時間でパケットが返送されることが約束されているだけで、Nの値は不定であることから、この単位時間分の距離30mの倍数がパケット検出処理時の不定分として生ずる。一方、通常の高速度伝送では通信可能な距離には限界があるので、例えば30m以下の通信可能な距離の通信システムの場合、測距する範囲を30m以内に限定すれば、この不定性はまったく問題とならないことになる。

#### 【0059】

したがって、無線機1は上式(2)で得た距離を30mで割った余りを無線機1～2間の距離として特定することができる。これは、Nの値を特定して  $t$  から100ナノ秒 $\times N$ を差し引いてから上式(2)を計算することと等価である。

#### 【0060】

図5には、拡散コードとの相関をとることによりパケット検出処理を行なった例を示している。無線機1では、パケットを送信した後、無線機2の処理時間  $t_{P2}$ （若しくは  $t_B$ ）100ナノ秒 $\times N$ が経過してから返送パケットの受信処理を開始し（又は、パケット送信後から100ナノ秒の整数倍の経過時間を見捨てる）、受信信号と拡散コードとの相関を検出する。そして、さらに  $t_A + t_C$  が経過した後に、最大且つ所定の相関値以上となった相関ピーク位置が検出されるので、これを計測結果とする。

#### 【0061】

本実施形態では、一般にはパケット交換における余計な時間とされる無線機2の処理時間  $t_{P2}$ （若しくは  $t_B$ ）を有効に活用することによって、無線機がパケットを受信してから返送するまでの時間を固定とせず、また、測距するために特別な情報をパケットに加えることなく、パケットを送受信する2つの無線通信



機間で測距・測位を実現することができる、という訳である。

#### 【0062】

このような方法では、測距を行なう無線機1は、無線システムで取り決められている単位時間間隔（上記の例では100ナノ秒）だけ知っていればよく、無線機2からの $t_{p2}$ に関する情報を直接知る必要はない。また、無線機1は、無線機間でパケットの送受信を行ないながら毎回測距を行なうことにより、測距情報を逐次更新することができる。これは、例えば無線機が移動している場合のナビゲーションや自律ロボットの制御などの用途において有効である。

#### 【0063】

パケットの検出には信号強度や伝搬特性によって誤検出の可能性があるため、誤検出の際には誤った測距結果を出す。このような場合のため、無線機は、データの信憑性のあるときのみ測距を行なうようにすればよい。

#### 【0064】

より具体的には、相関検出結果だけでなく、無線機間距離に依存する信号検出強度と比較して矛盾がないか、また、図1に示した無線機の構成例におけるUWB MAC層処理部14でCRCなどのチェックを行ない、検出したパケットの正当性を判断してから距離を計算するか、又は計算した距離を利用することで測距結果の誤りによるトラブルを防止することができる。

#### 【0065】

また、一般的な無線通信動作において、測距情報は必ずしも毎回必要ではない。したがって、図1に示したUWB無線機の構成例において、前段のRF処理部12及びベースバンド処理部13までの機能モジュールでは、パケットを検出する部分では誤検出の可能性を伴いながらも、常時測距データを更新する仕組みとし、後段のMAC層処理部14やDL層処理部15などの上位側では必要となきときに測距の計測結果を読み出し、距離換算するように構成してもよい。

#### 【0066】

このようにして得られる測距情報は、無線機自身の制御に利用することができる。例えば、パケットの通信を行なっている相手の距離に応じて送信電力を制御すると、他の無線機への干渉を低減することができる。

**【0067】**

また、無線機の利用者が対象機器に接近したとき、すなわち距離が所定の値のときだけ確実に行ないたい処理を起動するようにすることができる。例えば、対象機器から50cm以内に接近したことに応答して、例えば、NFCや高いセキュリティが要求される機器購入時の最初の利用コード登録などに、測距の結果を応用することができる。この場合、送信電力を下げるだけでなく、伝送速度を故意に上げることで通信可能な範囲を限定することができる。

**【0068】**

また、無線ネットワークでは、各無線機は他の無線機が発するビーコンを受信することで周囲に存在する無線機を認識することができる。さらに、ビーコンを受信できた無線機のリストを各無線機において記憶領域に保持することができる。本発明によれば、各無線機がビーコンを受信するだけでなく、無線機間で互いにパケットの送受信を適宜行なうことで測距するようにすることで、単に周囲に存在する無線機を認識するだけでなく、認識した各無線機との距離を関連付けて記憶し、さらに測距する毎に周囲の無線機との測距情報を更新することができる。

**【0069】**

周辺に存在する無線機とその測距情報だけであれば、他の無線機同士の位置関係までは把握できない。これに対し、無線機が他の無線機の保持するリストと測距情報を通信により獲得することで、周囲に存在する位置関係を導出することができる。

**【0070】**

例えば、ある無線機の周囲に2つの無線機がある場合に、少なくとも一方の無線機が保持するリストと測距情報を獲得するようする。無線機は、自身の保持するリスト及び測距情報とすり合わせることで、これら3つの無線機の位置を頂点とする3角形が一意に求めることができ、近隣の無線機相互の相対的な位置関係を把握することができる。また、他方の無線機の保持するリストと測距情報を獲得することができれば、相互の位置関係の信頼性を高めることができる。

**【0071】**

図6には、周囲の無線機から無線機のリストと測距情報を獲得し、自身の保持するリスト及び測距情報とすり合わせて、近隣の無線機相互の相対的な位置関係を把握する様子を示している。同図に示す例では、無線機1～3が互いの通信可能範囲に存在している。無線機1は、無線機2との距離が6mで、無線機3との距離が10mであるというリストと測距情報を自身で保持している。また、無線機2は、無線機1との距離が6mで、無線機3との距離が8mであるというリストと測距情報を自身で保持している。ここで、無線機1は、無線機2から無線機のリストと測距情報を獲得し、自身が保持している情報とすり合わせることによって、図示の通り、3つの無線機1～3の位置を頂点とする3角形が一意に求められ、無線機相互の相対的な位置関係を把握することができる。

#### 【0072】

この方法は、4つ以上の無線機が存在する場合にも、複数の3角形の組み合わせにより拡張することができる。

#### 【0073】

また、上述したように各無線機の相対位置を把握することができれば、直接信号が届かないような無線機同士の通信において、マルチホップ伝送のルート決定に利用することができる。

#### 【0074】

図7には、無線機間の相対位置は悪に基づくマルチホップ伝送のルート決定を行なう様子を示している。図示の例では、無線機3から無線機4に信号を送りたいが、これらは直接信号が届かない場所に存在している。周囲の無線機から無線機のリストと測距情報を獲得し合うことにより、無線機3は、無線機5の通信可能範囲に送信先の無線機4が存在することを把握できる。そこで、無線機3から無線機4への伝送を、無線機5を介して行なうというマルチホップ伝送のルートが決定される。

#### 【0075】

また、無線機を有する機器の中には、位置がほぼ固定で動くことがほとんどないものがある。例えば、大型テレビやオーディオ機器、デスクトップPC (Personal Computer) などに無線機を組み込む場合がこれに該当す

る。これらの機器には位置が固定であるという情報を付加することで、無線機は位置固定の無線機を基点とした位置関係を導出することができる。

#### 【0076】

例えば、図6で示した例で、無線機2と無線機3が位置固定であるとする。そして、無線機1が、無線機のリストと測距情報に加えて、各無線機が一固定かどうかを示す情報を獲得している場合、無線機2をX-Y座標の原点(0, 0, 0)とし、無線機3を(0, 8 m, 0)と設定することで、無線機1は無線機2を原点とし、無線機2と無線機3を結ぶ直線をY軸とする座標系で位置を表すことができる。

#### 【0077】

また、3個以上の無線機又は無線機を有する機器が無線機の存在する空間の見取り図や地図情報を外部から入手することができ、固定されている無線機の位置情報と結合すると、各無線機は自位置又は他の無線機の位置を導出し、無線機の位置を見取り図や地図情報にマッピングすることができる。これは室内における位置認識システムなどに応用できる。

#### 【0078】

以上説明してきたように、無線機間でパケットの送受信による測距は無線システムに付加価値をもたらすことができる。但し、測距の基本となる式(1)、並びに式(2)は、無線機に搭載された発振器によるクロック周波数の精度に起因する誤差を考慮していない。

#### 【0079】

図4に示したようなパケット送受信動作を行なう無線機1、並びに無線機2の処理時間には自身のクロックの精度に起因する誤差が含まれている。ここで、処理時間 $t_{P1}$ 、 $t_{P2}$ の公称値をそれぞれ $t_{P1}'$ 、 $t_{P2}'$ とし、無線機1及び無線機2のクロックの誤差(比)をそれぞれ $\epsilon_1$ 、 $\epsilon_2$ とする。ここで言う処理時間の公称値は、処理に要する正確なクロック数をクロック周波数の公称値により換算した時間を意味する。例えば、TCXO(Temperature Compensated Crystal Oscillator: 温度補償型水晶発振器)の誤差が10 ppm以内であるならば、 $|\epsilon| < 10 \times 10^{-6}$ である。

この定義により、無線機1がパケットを送出してから無線機2のパケットを検出するまでの真の時間  $t$  は下式で表わされる。

【0080】

$$t = 2 t_{AIR} + t_{D1} + t_{D2} + t_{P1'} (1 + \epsilon_1) + t_{P2'} (1 + \epsilon_2) \quad \dots (3)$$

【0081】

無線機1は真の時間  $t$  を自身のクロックでカウントするが、そのカウント値に基づく計測時間を  $t_{CNT}$  とすると、 $t = t_{CNT} \cdot (1 + \epsilon_1)$  である。但し、ここではクロックの分解能による量子化誤差は考慮しない。以上により、無線機1と無線機2間の距離  $d$  は以下のように表わされる。

【0082】

$$\begin{aligned} d &= c \cdot t_{AIR} \\ &= \{ (t_{CNT} - t_{P1'}) (1 + \epsilon_1) - t_{P2'} (1 + \epsilon_2) - (t_{D1} + t_{D2}) \} c / 2 \quad \dots (4) \end{aligned}$$

【0083】

実際の距離計算において、RF送受信回路の遅延時間  $t_{D1}$ 、 $t_{D2}$  とクロックの誤差  $\epsilon_1$ 、 $\epsilon_2$  を考慮しない最も簡易な距離計算を行なう場合（すなわち、 $\epsilon_1$ 、 $\epsilon_2 = 0$  として計算）、正確な距離に対して下式に示すような誤差  $\Delta d$  を生ずる。

【0084】

$$\Delta d = \{ (t_{CNT} - t_{P1'}) \epsilon_1 - t_{P2'} \epsilon_2 - (t_{D1} + t_{D2}) \} c / 2 \quad \dots (5)$$

【0085】

最も簡易な距離計算による結果には、上式(5)が示すように、RF送受信回路の遅延時間とクロック精度に起因する誤差を生ずる。RF送受信回路12の遅延時間については、せいぜい分解能程度の誤差か、または分解能程度の精度でわかると考えられる。 $t_{P1'}$  は十分小さいと思われるので、クロック精度の影響は  $t_{P2'}$  が支配的になる。

【0086】

例えば、 $t_{P2}'$ を100マイクロ秒、 $\epsilon_1$ 、 $\epsilon_2$ を10ppmとした場合、上式(5)より誤差は最大30cm程度となる。 $t_{P2}'$ が小さい場合には十分な測距精度となる。 $t_{P2}'$ が大きくなると、ほぼ比例して誤差は大きくなる。

#### 【0087】

また、上述の説明では、上式(5)が無線機1、並びに無線機2の処理時間の公称値 $t_{P1}'$ 、 $t_{P2}'$ が正しいことを前提としているということに留意されたい。これらの公称値自体が誤っている(設計者によるクロック数見積りミスの)と、大きな誤差の要因となる。例えば、 $t_{P2}'$ に10ナノ秒分のミスカウント(クロックが100MHzであれば1クロック分)があった場合、上式(4)より3mほど誤差が生ずる。但し、ミスカウントの最小単位が10ナノ秒であれば誤差は3mの倍数となるので、受信時の信号強度又はS/Nと合わせて判断することで補正できる可能性がある。

#### 【0088】

パケットの送受信を2回だけ行ない、2回の結果から測距の誤差を減らすことができる。無線機2で処理時間 $t_{P2}'$ を故意に変えて、2回 $t_{CNT}$ を測ると、上式(5)の誤差 $\Delta d$ を小さくし、測距の精度を改善することができる。

#### 【0089】

例えば、無線機1、及び無線機2が図4に示したようなパケットの送受信処理を2回続けて行なう場合に、無線機2は1回目と2回目で処理時間 $t_{P2}$ を故意に変える。1回目の処理時間 $t_{P2}'$ に対し、2回目を $t_{P2}'$ の $k$ 倍(但し、 $k$ は正の実数)とすれば、無線機1の1回目、及び2回目の時間計測値 $t_{CNT1}$ 、 $t_{CNT2}$ はそれぞれ下式のように表わされる。

#### 【0090】

$$t_{CNT1} = \{2t_{AIR} + t_{D1} + t_{D2} + t_{P1}'(1 + \epsilon_1) + t_{P2}'(1 + \epsilon_2)\} / (1 + \epsilon_1) \quad \cdots (6-1)$$

$$t_{CNT2} = \{2t_{AIR} + t_{D1} + t_{D2} + t_{P1}'(1 + \epsilon_1) + kt_{P2}'(1 + \epsilon_2)\} / (1 + \epsilon_1) \quad \cdots (6-2)$$

#### 【0091】

上記の2式から $t_{P2}'$ の項を消去することにより、無線機1、無線機2間の

距離  $d$  は下式のように求められる。

【0092】

$$d = c \cdot t_{AIR} = \left[ \left\{ (k t_{CNT1} - t_{CNT2}) / (k - 1) - t_{P1} \right\} (1 + \epsilon_1) - (t_{D1} + t_{D2}) \right] c / 2 \quad \cdots (7)$$

【0093】

この方法によれば、上式 (7) が示すように、無線機 2 のクロック精度による誤差要因を除くことができ、測距精度が改善される。特に、無線機 1 のクロックの精度が高い場合に効果大きい。但し、 $k$  に誤差がない（すなわち、クロック数のミスカウントがない）ことが前提である。 $k \rightarrow k(1 + \epsilon_k)$  のように誤差があると、以下のような距離誤差  $\Delta d$  を生ずる。

【0094】

$$\Delta d = \epsilon_k t_{P2'} (1 + \epsilon_2) c / 2 \div \epsilon_k t_{P2'} c / 2 \quad \cdots (8)$$

【0095】

測距を行なう場合における  $t_{P1'}$  並びに  $t_{P2'}$  のクロック数のミスカウントによる公称値からのずれは、そのまま測距の誤差となり、クロック周波数の精度以上に大きくなる可能性が高い。したがって、 $t_{P1'}$ 、 $t_{P2'}$  には正確さが要求される。

【0096】

クロック周波数の精度が高く、 $t_{P1'}$  にも誤差のないリファレンスとなる無線機を用意し、そのリファレンスを無線機 1 とし、無線機 1 並びに無線機 2 を例えば正確に 1 m 離して測距を行なわせ、上式 (1) 及び (2) により計算される距離  $d$  と真の距離 1 m の差の 2 倍を光速  $c$  で割ることで、 $t_{P2'}$  における誤差を知り、補正することができる。このような補正作業を、例えば量産時の工程で必ず行ない、前記方法で得た補正值を無線機の記憶領域に保持するようにすれば、処理時間  $t_{P2'}$  の公称値からのずれの問題を解消することができる。

【0097】

また、処理時間  $t_{P2'}$  の公称値からのずれがないことが保証されている場合には、リファレンスの受信機のクロックを高精度 ( $\epsilon_1$  が  $\epsilon_2$  に比べてかなり小さい) にしておくことで、上式 (1) 及び (2) により計算される距離  $d$  と真の

距離 1 m の差を  $\Delta d$  とすることで、上式 (5) から無線機 2 のクロック周波数の誤差  $\epsilon_2$  を計算することができ、補正用に保持しておくことも可能である。

#### 【0098】

##### [追補]

以上、特定の実施形態を参照しながら、本発明について詳解してきた。しかしながら、本発明の要旨を逸脱しない範囲で当業者が該実施形態の修正や代用を成し得ることは自明である。すなわち、例示という形態で本発明を開示してきたのであり、本明細書の記載内容を限定的に解釈するべきではない。本発明の要旨を判断するためには、冒頭に記載した特許請求の範囲の欄を参酌すべきである。

#### 【0099】

##### 【発明の効果】

以上詳記したように、本発明によれば、電波を利用して物体間の相対的な距離を好適に測定することができる、優れた測距・測位システム及び測距・測位方法、並びに無線通信装置を提供することができる。

#### 【0100】

また、本発明によれば、パケットを送受信する 2 つの無線通信機間で好適に測距・測位することができる、優れた測距・測位システム及び測距・測位方法、並びに無線通信装置を提供することができる。

#### 【0101】

また、本発明によれば、無線機がパケットを受信してから返送するまでの時間を固定とせず、また、測距するために特別な情報をパケットに加えることなく、パケットを送受信する 2 つの無線通信機間で好適に測距・測位することができる、優れた測距・測位システム及び測距・測位方法、並びに無線通信装置を提供することができる。

#### 【0102】

本発明に係る無線通信システムによれば、情報伝送を行なう毎に無線機間の測距を行なうことができ、逐次測距情報を更新することができる。

#### 【0103】

また、相手の無線機がパケット検出から返送までの時間を固定値としない柔軟



な無線ネットワークにおいても、相手の無線機の時間情報をもらうことなく測距することができる。

#### 【0 1 0 4】

また、測距で得られる情報を利用して無線機あるいは無線ネットワークの制御や無線機を有する機器の機能を制限することができる。

#### 【0 1 0 5】

また、本発明を逐次更新される無線機の位置情報を利用した位置認識システムなどへ応用することができる。

#### 【図面の簡単な説明】

##### 【図 1】

本発明を適用することが可能な、UWB無線通信装置 1 0 の構成を模式的に示した図である。

##### 【図 2】

UWB R F 処理部 1 2 の内部構成をより詳細に示した図である。

##### 【図 3】

UWB ベースバンド処理部 1 3 の内部構成を示した図である。

##### 【図 4】

2 つの無線機が無線機同士の信号の送受信により無線機同士の測距を行なう仕組みを説明するための図である。

##### 【図 5】

拡散コードとの相関をとることによりパケット検出処理を行なった例を示した図である。

##### 【図 6】

周囲の無線機から無線機のリストと測距情報を獲得し、自身の保持するリスト及び測距情報とすり合わせて、近隣の無線機相互の相対的な位置関係を把握する様子を示した図である。

##### 【図 7】

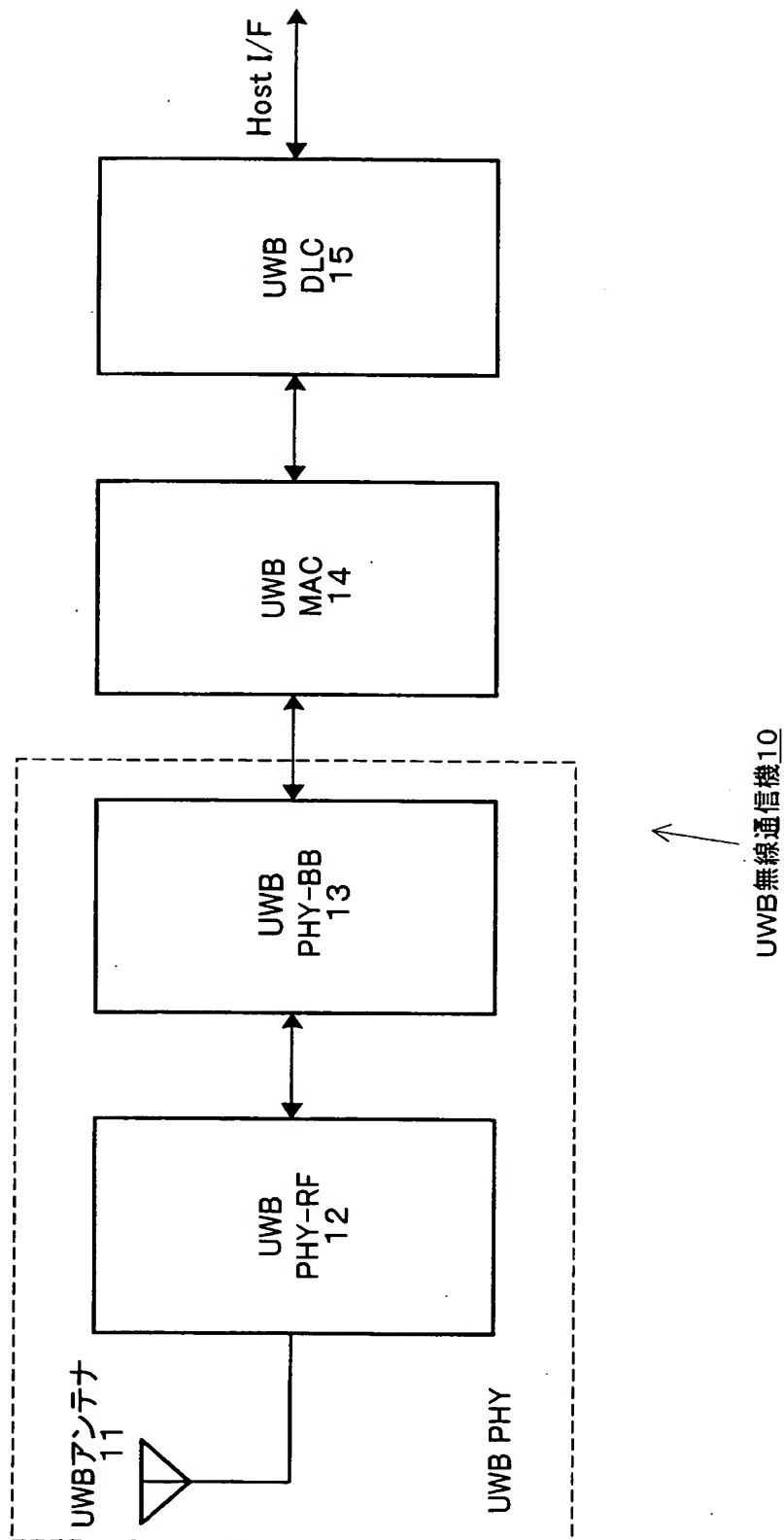
無線機間の相対位置は悪に基づくマルチホップ伝送のルート決定を説明するための図である。

## 【符号の説明】

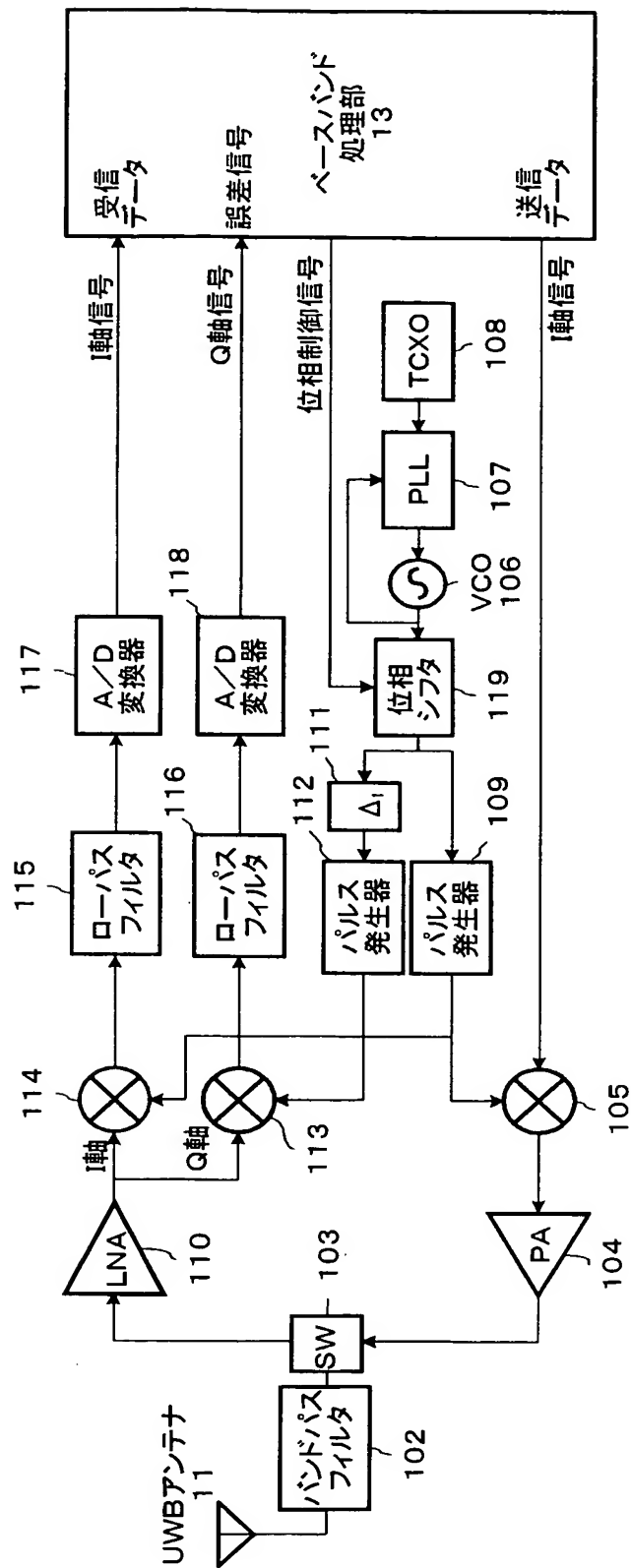
1 0 … UWB 無線通信装置  
1 1 … UWB アンテナ  
1 2 … UWB R F 処理部  
1 3 … UWB ベースバンド処理部  
1 4 … UWB M A C 層処理部  
1 5 … UWB D L C 層処理部  
1 0 2 … バンドパス・フィルタ (B P F)  
1 0 3 … 分波器 (S W)  
1 0 4 … パワー・アンプ (P A)  
1 0 5 … 乗算器  
1 0 6 … V C O  
1 0 7 … P L L  
1 0 8 … T C X O  
1 0 9 … パルス発生器  
1 1 0 … 低雑音アンプ (L N A)  
1 1 1 … 直交変調器  
1 1 2 … パルス発生器  
1 1 5, 1 1 6 … ローパス・フィルタ  
1 1 7, 1 1 8 … A / D 変換器  
1 1 9 … 位相シフト回路  
1 5 1, 1 5 2, 1 5 3 … 乗算器  
1 5 4, 1 5 5 … 積分ダンプ  
1 5 6 … F E C  
1 5 7 … C R C  
1 5 8 … ループ・フィルタ  
1 5 9 … 同期獲得用論理回路  
1 6 1 … カウンタ  
1 6 2 … 相関検出器

【書類名】 図面

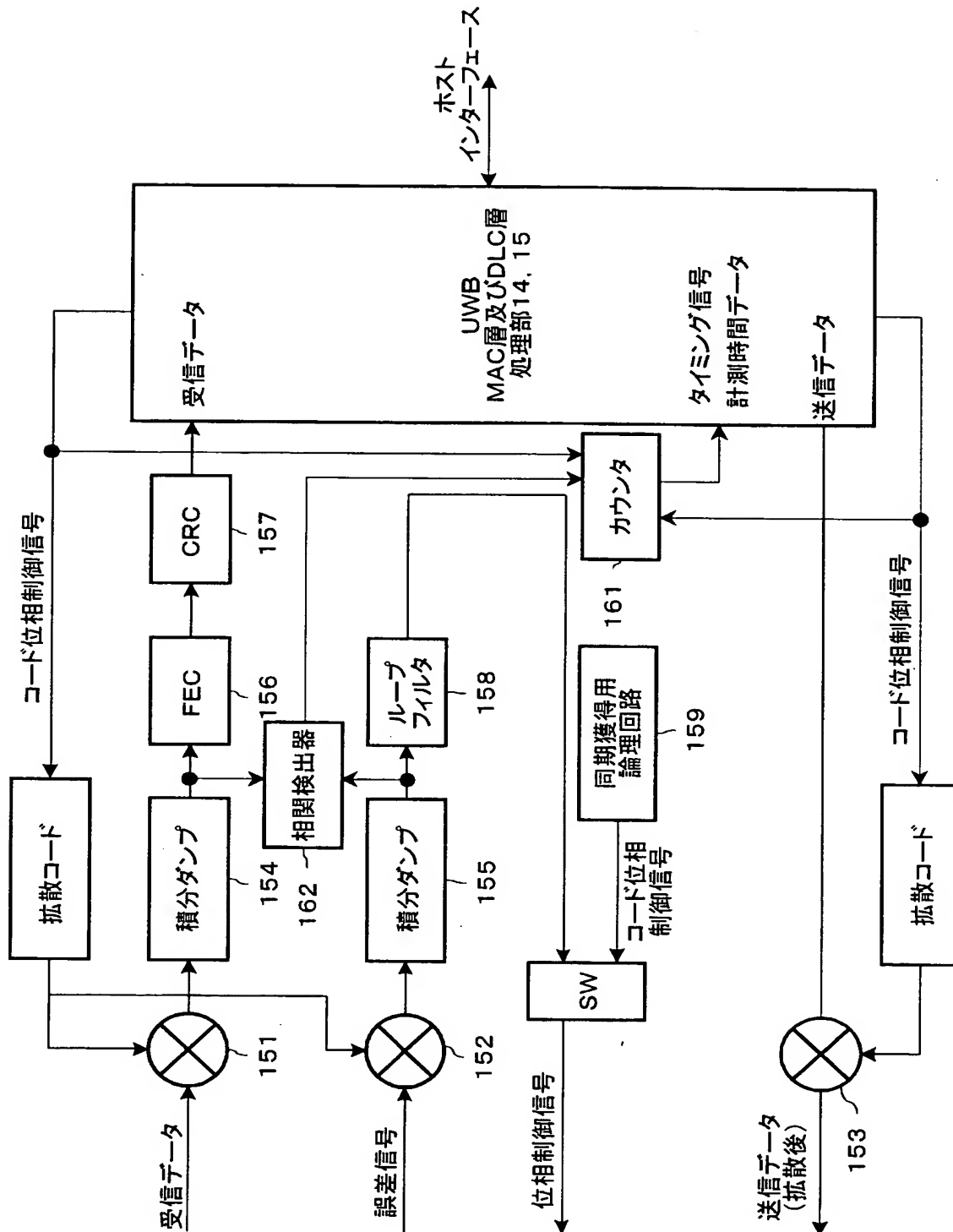
【図 1】



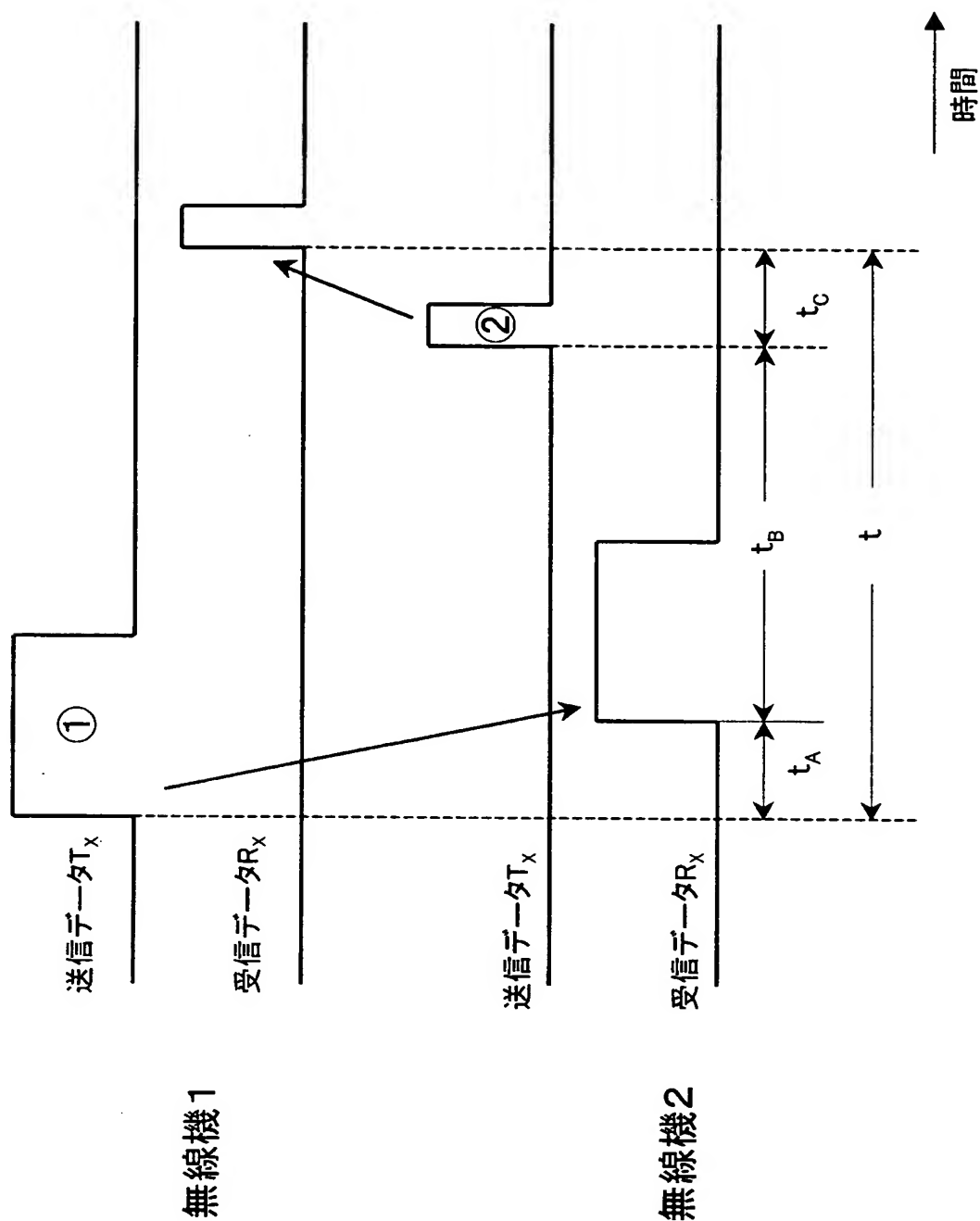
【図2】



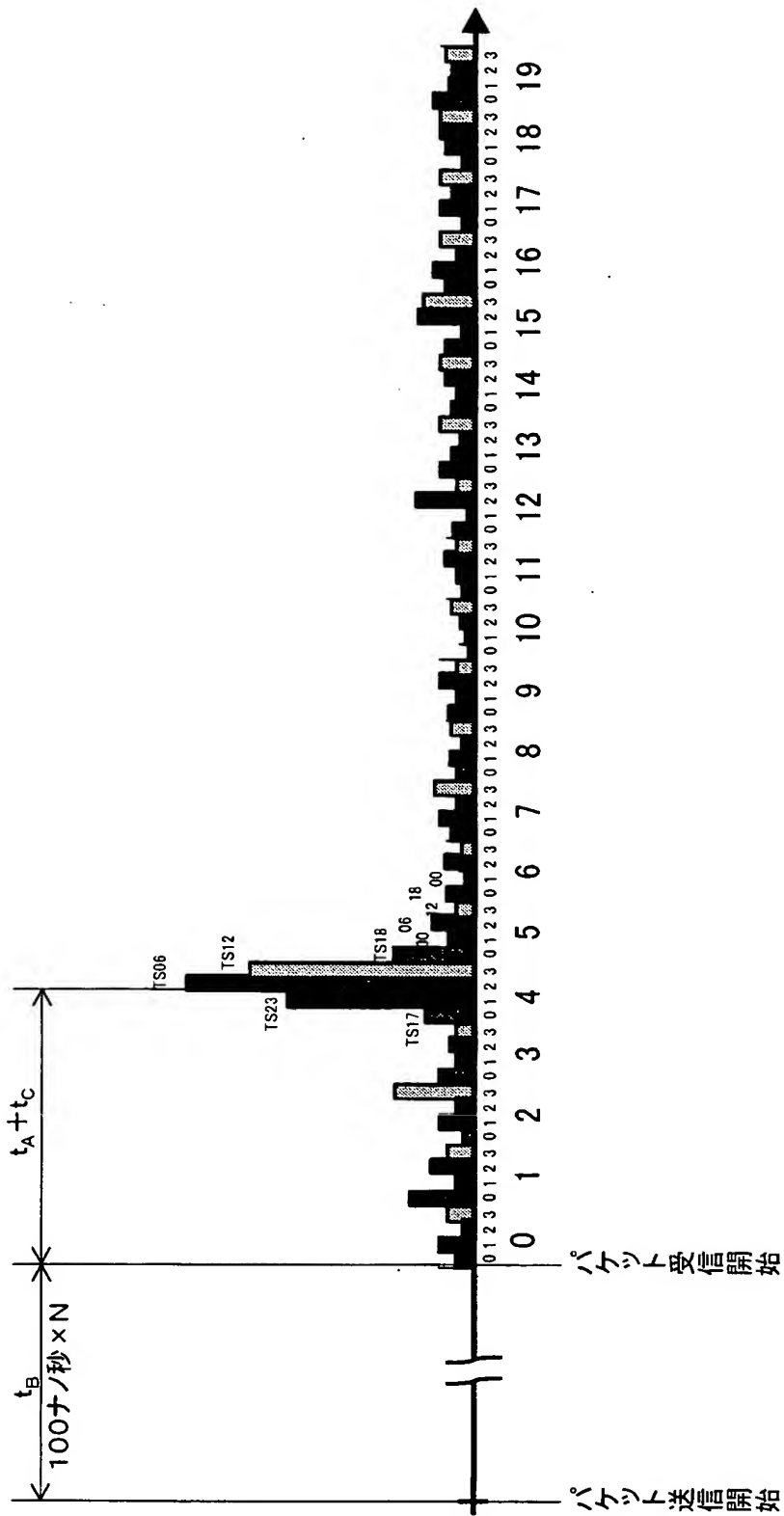
【図3】



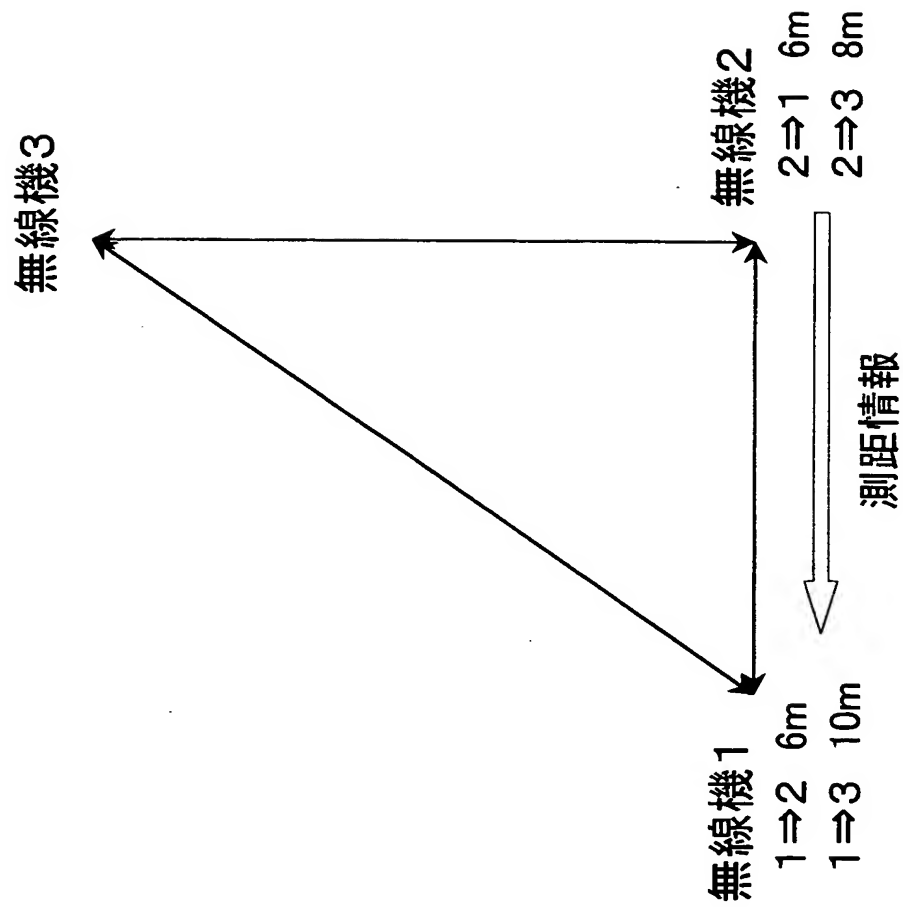
【図 4】



【図 5】

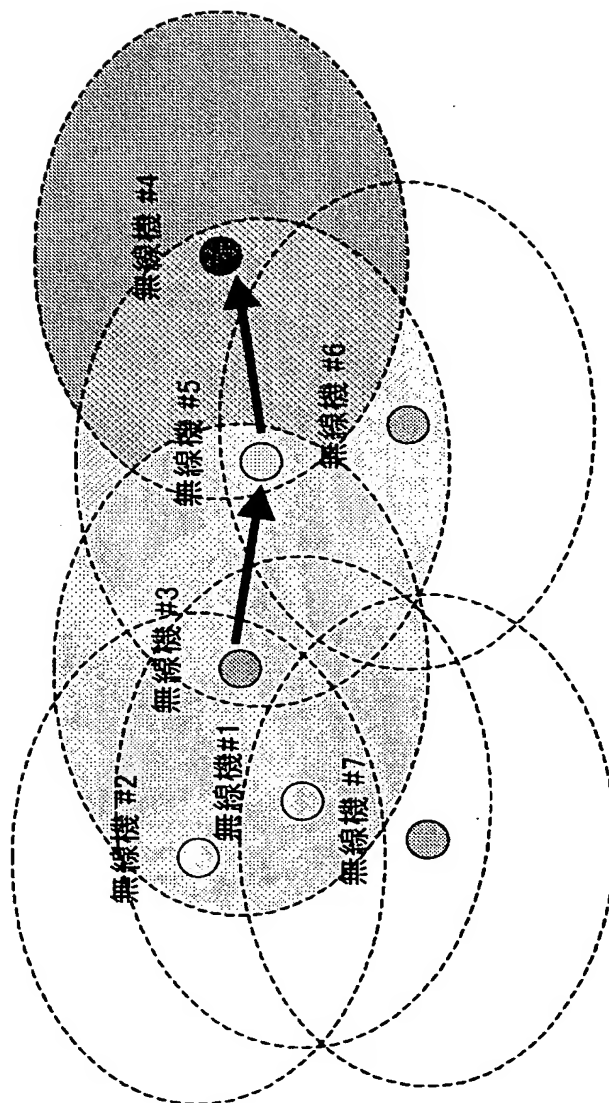


【図 6】





【図 7】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 送信元と受信先の間でのパケット送信及びその応答手続を利用して測距・測位する。

【解決手段】 無線機1が通信相手である無線機2にパケットを送信したとき、無線機2側はパケット検出時から単位時間の整数倍の時間経過後に必ずパケットを送信する。無線機1は自身がパケットを送信してから無線機2のパケットを検出するまでの時間をカウンタで計測し、無線機2のパケット検出から送信までの時間と無線機1自身の処理時間を計測時間から差し引いた時間を、通信相手である無線機2との伝搬距離に換算して測距を実現する。

【選択図】 図1

特願 2 0 0 3 - 0 5 2 2 7 4

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[ 0 0 0 0 0 2 1 8 5 ]

1. 変更年月日

1 9 9 0 年 8 月 3 0 日

[変更理由]

新規登録

住 所

東京都品川区北品川 6 丁目 7 番 3 5 号

氏 名

ソニー株式会社